



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) **Patentschrift**
(10) **DE 40 04 703 C 2**

(51) Int. Cl. 5:
F 16 C 33/12
C 22 C 21/00
B 32 B 7/02
B 32 B 15/01
B 22 F 7/08

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(30) Innere Priorität: (32) (33) (31)

01.03.89 DE 39 06 401.8

(73) Patentinhaber:

Glyco-Metall-Werke Glyco B.V. & Co KG, 65201
Wiesbaden, DE

(74) Vertreter:

Fuchs, J., Dipl.-Ing. Dr.-Ing. B.Com.; Luderschmidt,
W., Dipl.-Chem. Dr.phil.nat.; Seids, H., Dipl.-Phys.;
Mehler, K., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Weiß, C.,
Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anwälte, 65189 Wiesbaden

(72) Erfinder:

Neuhaus, Peter, Dipl.-Ing., 6203 Hochheim, DE; Roth,
Albert, 6000 Frankfurt, DE; Steeg, Michael,
Dipl.-Ing., 6501 Ober-Ulm, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 36 40 328 A1
DE-AN W 1271, offengelegt: 27.9.1951;
DE-Z.: Glyco-Metall-Werke, Ingenieurbericht, H.1,
1984, S.2, Spalte 2, Abs.5, Z.10-12;

(54) Schichtwerkstoff für Gleitlagerelemente mit Antifrictionsschicht aus einem Lagerwerkstoff auf
Aluminium-Basis

DE 40 04 703 C 2

DE 40 04 703 C 2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Schichtwerkstoff für Gleitlagerelemente, z. B. Radial- bzw. Axial-Gleitlager, bestehend aus einer metallischen Stützschicht und einer auf der Stützschicht angebrachten Antifrictionsschicht aus Lagerwerkstoff auf Aluminiumbasis, wobei der Lagerwerkstoff eine Aluminiumlegierung mit 1 bis 3 Gew.-% Nickel, 0,5 bis 2,5 Gew.-% Mangan und 0,02 bis 1,5 Gew.-% Kupfer und Aluminium mit den üblichen zulässigen Verunreinigungen ist und in dem Lagerwerkstoff vorhandene Hartteilchen aus Nickel und Mangan bzw. nickelhaltige und/oder manganhaltige Hartteilchen im wesentlichen in Teilchengröße $\leq 5 \mu\text{m}$ vorliegen, wobei weniger als 5 Hartteilchen mit Teilchengröße $\geq 5 \mu\text{m}$ in einem Volumenelement eines Würfels von 0,1 mm Kantenlänge vorhanden sind.

Ein aus DE-PS 36 40 328 bekannter Schichtwerkstoff dieser Art weist zwar hervorragende Lagerwerkstoffeigenschaften auf verbunden mit erhöhter dynamischer Belastbarkeit der aus solchem Lagerwerkstoff hergestellten Antifrictionsschicht. Jedoch ergeben sich in der Praxis zunehmend erschwerte Betriebsbedingungen durch weitere Leistungssteigerung der die Gleitlagerelemente enthaltenden Maschinen, insbesondere Verbrennungskraftmaschinen, sowie erhöhte Drehzahlen der gelagerten Wellen, Verringerung der Masse der bewegten Teile, Verringerung der Toleranzen zwischen den gleitenden Teilen und dadurch bedingten geringeren Oldursatz und Verringerung der Schmierfilmdicken, so daß die hoch belasteten Gleitlager länger im Mischierebungsgebiet laufen.

Aus der bekanntgemachten deutschen Patentanmeldung W 1271 (bekanntgemacht am 27. 09. 1951) sind Aluminiumlegierungen mit Gehalten zwischen 0,6 und 10% Kupfer und 0,5 und 8% Blei bekannt, bei welchen das Blei ganz oder teilweise durch Wismut oder Zinn bis max. 8% ersetzt sein kann. Bei diesen bekannten Legierungen fehlt die Bildung von Hartstoffteilchen auf der Basis von Nickel und Mangan in der Aluminiumbasis und damit das vorteilhafte Zusammenwirken solcher Hartstoffteilchen mit in der Matrix dispergiertem Zinn oder Blei.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, den eingangs genannten Schichtwerkstoff für Gleitlagerelemente über die schon bestehende Güte der Notlauf- und Antifestress-Eigenschaften hinaus zu verbessern, daß neben der hohen dynamischen Belastbarkeit auch die hohen Anforderungen bezüglich verbesserter Reibungseigenschaften erfüllt werden. Insbesondere sollen diese verbesserten Eigenschaften auch bei erhöhten Drehzahlen der gelagerten Welle erreicht werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die den Lagerwerkstoff bildende Aluminiumlegierung eine Dispersionslegierung mit einem Zinnzusatz > 8 Gew.-% bis 20 Gew.-% mit einer Matrix aus Aluminium-Nickel-Mangan-Kupfer-Legierung und mit dem Zinn als in dieser Matrix dispergierter Ausscheidung ist, wobei die Hartteilchen in einer Menge von etwa 20 bis 30% – bezogen auf das Gewicht der Matrix-Legierung – und lokalisiert vorwiegend an den Korngrenzen der Aluminium-Nickel-Mangan-Kupfer-Mischkristalle in der Matrix und teilweise auch im Bindungsbereich zwischen der Matrix und den Zinn-Ausscheidungen vorliegen. Bevorzugt liegt der Zinnzusatz bei 10 bis 15 Gew.-%.

Durch das Zusammenwirken von:

- in der Matrix dispergierten Weichmetallphasen, (Zinn oder Blei)
- in die Matrix eingelagerten Hartteilchen und
- Kupferzusatz in der AlNiMn-Matrix wird besonders wirksam ermüdungsfreier Lauf von aus erfindungsgemäßem Schichtwerkstoff hergestellten Gleitlagerelementen bis zu Drehzahlen zwischen 6500 und 7000 Umdrehungen pro Minute erreicht. Es kann angenommen werden, daß für dieses Zusammenwirken einerseits die durch die Hartteilchen und den Kupferzusatz erheblich erhöhte Festigkeit und Abriebfestigkeit der Matrix auf Aluminiumbasis und andererseits der in der Matrix dispergierte Anteil an Zinn oder Blei maßgeblich sind. Der Zusatz von Zinn oder Blei hat außerdem eine wesentliche Verbesserung der Gleiteigenschaften der Antifrictionsschicht zur Folge. Dies gilt insbesondere für den bevorzugten Zinnzusatz in der Größe zwischen 10 und 15 Gew.-%, bei der die Aluminiumlegierung den Charakter einer Aluminium/Zinn-Dispersionslegierung hat. Zudem wird durch die Zusätze an Kupfer, Nickel und Mangan eine verbesserte Mischkristallverfestigung hervorgerufen, einerseits durch das Auftreten von ternären und quaternären Phasen bzw. Mischkristallarten, sowie durch verbesserte Bindung des Zinnzusatzes bzw. Bleizusatzes zum Aluminium bzw. der Zinnphase bzw. der Bleiphase zur Aluminiummatrix, da insbesondere Kupfer sowohl in Aluminium als auch in Zinn lösbar ist. Dabei ist es insbesondere bei der bevorzugten Menge des Zinnzusatzes zwischen 10 und 15 Gew.-%, d. h. der Bildung von Aluminium/Zinn-Dispersionslegierung von Bedeutung, daß Nickel und Mangan auch mit Zinn Mischkristalle und intermetallische Verbindungen zu bilden vermögen. Es wird dadurch eine Aluminium/Zinn-Dispersionslegierung geschaffen, die in der Aluminiummatrix sehr fein verteilte Hartteilchen enthält und durch die Affinität von Nickel zu Zinn und von Mangan zu Zinn, bezüglich der Bindung zwischen der Aluminiummatrix und der Zinnphase wesentlich verbessert ist.

Als weiteren Vorteil bietet die erfindungsgemäß mit Zinnzusatz versehene AlNiMnCu-Legierung die Möglichkeit, durch die Wahl entsprechender Wärmebehandlungstemperaturen bzw. Wärmebehandlungszyklen im Lauf ihrer Verarbeitung die Höhe der Festigkeitswerte nach Wahl und Erfordernis jedes Einzelfalles gezielt zu steuern. Diese Steuerungsmöglichkeit beruht – soweit erkennbar – wahrscheinlich auf der Steuerung der Mischkristallübersättigung sowie der Größe und Menge der Ausscheidungen.

Der Zinnzusatz ergibt zusätzlich zur verbesserten Gleitfähigkeit eine verbesserte Notlaufeigenschaft des Lagerwerkstoffs, wobei der Kupferzusatz in diesem funktionellen Zusammenwirken der Legierungszusätze auch noch als Stabilisator für die erzielten Eigenschaften wirkt.

In Abwandlung der Erfindung kann die den Lagerwerkstoff bildende Aluminiumlegierung anstelle des Zinnzusatzes einen Bleizusatz von > 8 Gew.-% bis 10 Gew.-%, aufweisen. Durch den Bleizusatz werden vergleichbare Vorteile erreicht, wie sie oben in Verbindung mit dem Zinnzusatz erläutert sind. Es läßt sich daher der erfindungsgemäß Schichtwerkstoff auch durch die Wahl eines Bleizusatzes anstelle des Zinnzusatzes abwandeln, wenn dies im Einzelfall als notwendig oder

zweckmäßig erscheint.

In besonders vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung ist zwischen der aus der Aluminium/Weichmetall-Dispersionslegierung gebildeten Antifrictionsschicht und der Stützschicht, insbesondere einer Stützschicht aus Stahl, eine Bindungsschicht aus Reinaluminium oder aus einer von Weichmetall-Phase freien Aluminiumlegierung vorgesehen. Hierdurch wird die Bindung zwischen der Antifrictionsschicht und der Stützschicht, insbesondere einem Stahlrücken, wesentlich verbessert.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Balkendiagramm für die dynamische Belastbarkeit;

Fig. 2 ein Balkendiagramm für die erreichbaren Drehzahlen einer Welle in störungsfreiem Lauf;

Fig. 3 eine perspektivische Darstellung des erfundungsgemäßen Schichtwerkstoffes in Form einer Gleitlagerhälfte;

Fig. 4 einen Teilausschnitt entsprechend IV-IV der **Fig. 3**;

Fig. 5 einen vergrößerten Teilausschnitt V-V der **Fig. 4** und

Fig. 6 eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des Ausschnittes VI-VI der **Fig. 5**.

Bei dem in **Fig. 1** gezeigten Balkendiagramm handelt es sich um die Darstellung der dynamischen Belastbarkeit von Schichtwerkstoff mit Antifrictionsschicht aus Lagerwerkstoff auf Aluminium-Basis, bezogen auf 200 Stunden. Die dynamische Belastbarkeit ist dabei zu ermitteln aus Restlastkurven von Underwood-Versuchen bei 150°C. Die in Vergleich gesetzten Schichtwerkstoffe hatten einen Stützwerkstoff aus Stahl und eine Antifrictionsschicht, die durch Aufplattieren eines gewalzten Blechs aus gegossener Aluminiumlegierung unter Zwischenlage einer Folie aus Reinaluminium auf die Stützschicht aufgebracht war.

Die im Balkendiagramm der **Fig. 1** in Vergleich gesetzten Schichtwerkstoffe sind wie folgt:

A: Stahl/AlNi₂Mn₁

Al: Stahl/AlNi₂Mn₁ mit Cu-Zusatz (0,5 Gew.-%)

B: Stahl/Al/AlNi₂Mn₁Cu 0,5 mit Sn-Zusatz (10 Gew.-%).

Wie das Balkendiagramm der **Fig. 1** (Teil A) zeigt, lässt sich mit einem Schichtwerkstoff mit Stützschicht aus Stahl und Antifrictionsschicht aus AlNi₂Mn₁ eine dynamische Belastbarkeit von etwa 60 N/mm² erreichen. Erhält die Aluminiumlegierung noch einen Kupferzusatz von beispielsweise 0,5 Gew.-%, so lässt sich die dynamische Belastbarkeit auf Werte zwischen 60 und 70 N/mm² beispielsweise etwa 65 N/mm², erhöhen (Teil A1). Wie der Teil B des Balkendiagramms zeigt, wird mit einer Aluminiumlegierung AlNi₂Mn₁ mit Kupferzusatz von 0,5 Gew.-% und Zinnzusatz von 10 Gew.-% etwa gleiche dynamische Belastbarkeit erreicht, wie mit einer Aluminiumlegierung AlNi₂Mn₁ mit Cu-Zusatz von 0,5 Gew.-%, obwohl nunmehr eine Aluminium/Zinn-Dispersionslegierung mit AlNi₂Mn₁Cu_{0,5}-Matrix und dispergierten Zinnteilchen vorliegt.

Jedoch ist die Aussagefähigkeit des Balkendiagramms gemäß **Fig. 1** nur unvollständig, da die dynamische Belastbarkeit aus Underwood-Versuchen ermittelt ist, die Betriebsbedingungen an der Lagerung einer Welle mit etwa 4000 Umdrehungen pro Minute entsprechen. Wie das Balkendiagramm der **Fig. 2** zeigt, sind jedoch die bei gleichbleibender dynamischer Belastbarkeit in störungsfreiem Lauf erreichbaren Drehzahlen eines Lager-

zapfens bzw. einer gelagerten Welle von der Zusammensetzung der als Lagerwerkstoff der Antifrictionsschicht benutzten Aluminiumlegierung in erheblichem Maße abhängig. Aus **Fig. 2** ist die Überlegenheit der untersuchten Legierung B gegenüber den Legierungen A und A1 klar erkennbar. Es lassen sich mit einer Antifrictionsschicht aus der Legierung B Drehzahlen oberhalb 6500 in störungsfreiem Lauf erreichen. Darüber hinaus weist die Legierung B auch noch weitere verbesserte Lagerwerkstoff-Eigenschaften auf, die aus den Balkendiagrammen der **Fig. 1** und **2** nicht ohne weiteres erkennbar sind. Es handelt sich hierbei insbesondere um verbesserte Beständigkeit gegen Festfressen, verbesserte Verschleißfestigkeit, verbesserte Gleiteigenschaften (verminderte Reibung) und verbesserte Notlaufeigenschaften. Dabei ist eine Anpassungsschicht oder Einlaufschicht nicht mehr erforderlich.

Die **Fig. 3** bis **6** zeigen die Anwendung des Schichtwerkstoffes für Lagerschalen, d.h. aus zwei Gleitlagerhälften zusammengesetzte Gleitlager.

Bei dem in **Fig. 4** wiedergegebenen Teilschnitt einer in **Fig. 3** perspektivisch dargestellten Gleitlagerschale 10 ist ein metallischer Stützkörper 11 aus Stahl vorgesehen. Auf diesem Stützkörper 11 ist unter Zwischenlage einer Bindungsschicht 13 eine Antifrictionsschicht 12 in der Dicke von 0,2 mm bis 0,5 mm aufgebracht. Die Bindungsschicht 13 besteht im dargestellten Beispiel aus einer Reinaluminium-Folie. Es kommen jedoch auch Bindungsschichten aus Aluminiumlegierungen in Betracht, die jedoch frei sein sollen von ausgeschiedener Weichmetall-Phase. Die Antifrictionsschicht 12 ist im dargestellten Beispiel aus der obengenannten Legierung B, nämlich AlNi₂Mn₁Cu_{0,5} mit einem Zinnzusatz von 10 Gew.-% gebildet. Die Gesamtheit des Schichtwerkstoffes bzw. der Gleitlagerschale 10 ist von einer vorzugsweise galvanisch aufgebrachten Korrosionsschicht aus Zinn oder Zinn/Blei-Legierung umgeben. Es handelt sich hierbei um einen dünnen Flash 14, der auf der Oberfläche der Antifrictionsschicht 12 kaum in Erscheinung tritt, aber insbesondere im Bereich der Stützschicht 1 einen wirksamen Korrosionsschutz bietet.

Wie **Fig. 5** zeigt, bildet AlNi₂Mn₁Cu_{0,5} mit Sn-Zusatz von 10 Gew.-% eine Dispersionslegierung, bei der die ausgeschiedenen Zinnteilchen 23 dunkel in der kristallisierten Matrix 20 aus AlNi₂Mn₁Cu_{0,5} erscheinen. Die Einbindung dieser ausgeschiedenen Zinnteilchen 23 in die AlNi₂Mn₁Cu_{0,5}-Matrix 20 lässt sich in der rasterelektronenmikroskopischen Aufnahme der **Fig. 6** deutlicher erkennen. Dabei sind in dieser Aufnahme auch Hartteilchen 22 an den AlNi₂Mn₁Cu_{0,5}-Kristalle 21 der Matrix 29, insbesondere an den Korngrenzen, erkennbar, wobei an den in **Fig. 6** hell erscheinenden Bindungsbereichen 24 der Matrix-Kristalle 21 zu den ausgeschiedenen Zinnteilchen 23 bevorzugt Mischkristallbereiche mit erhöhtem Gehalt an Kupfer, Nickel und Mangan anzunehmen sind, wobei auch die ausgeschiedenen Zinnteilchen an ihren diesen Bindungsbereichen 24 benachbarten Bereichen Gehalte an Nickel, Zinn und Kupfer aufweisen können, die in Art von Mischkristallen oder intermetallischen Verbindungen vorliegen können. Durch die Affinitäten des Zinns zu Nickel und zu Mangan ergibt sich verbesserte Bindung der Zinnphase zu den Bindungsbereichen 24 der Matrixkristalle 21. Es ist daher eine verbesserte Bindung zwischen den Matrixkristallen 21 und den Zinnteilchen 23 an diesen Bereichen 24 anzunehmen.

Der in **Fig. 4** ersichtliche, insbesondere an der Stützschicht 11 als Korrosionsschutz wirkende Flash 14 aus

Zinn oder Zinnbleilegierung kann an der als Gleitfläche dienenden freien Oberfläche der Antifraktionsschicht 12 in Art eines ersten Festschmiermittels beim Einlaufen wirken und dabei eventuelle Unebenheiten in der Oberfläche der Antifraktionsschicht 12 aus Aluminiumlegierung bzw. Aluminium-Dispersionslegierung ausgleichen, soweit nicht das Zinn überhaupt in die Antifraktionsschicht 12 eindiffundiert.

5

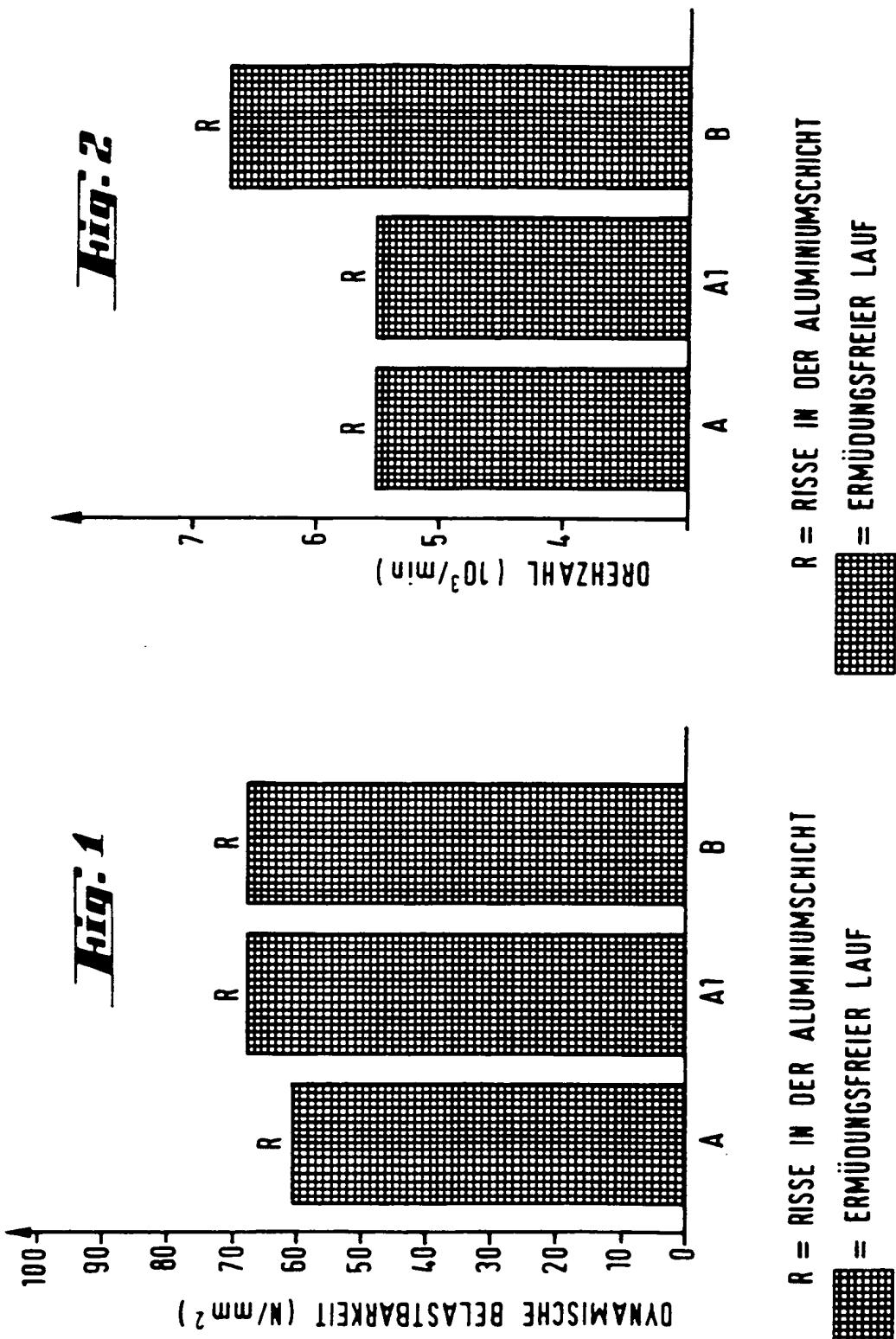
Patentansprüche

10

1. Schichtwerkstoff für Gleitlagerelemente, z. B. Radial- bzw. Axial-Gleitlager, bestehend aus einer metallischen Stützschicht und einer auf der Stützschicht angebrachten Antifraktionsschicht aus Lagerwerkstoff auf Aluminium-Basis, wobei der Lagerwerkstoff eine Aluminiumlegierung mit 1 bis 3 Gew.-% Nickel, 0,5 bis 2,5 Gew.-% Mangan und 0,02 bis 1,5 Gew.-% Kupfer und Aluminium mit den üblichen zulässigen Verunreinigungen ist und in dem Lagerwerkstoff vorhandene Hartteilchen aus Nickel und Mangan bzw. nickelhaltige und/oder manganhaltige Hartteilchen im wesentlichen in Teilchengröße $\leq 5 \mu\text{m}$ vorliegen, wobei weniger als 5 Hartteilchen mit Teilchengröße $\geq 5 \mu\text{m}$ in einem Volumenelement eines Würfels von 0,1 mm Kantenlänge vorhanden sind, dadurch gekennzeichnet, daß die den Lagerwerkstoff bildende Aluminiumlegierung eine Dispersionslegierung mit einem Zinnzusatz > 8 Gew.-% bis 20 Gew.-% mit einer Matrix (20) aus Aluminium-Nickel-Mangan-Kupfer-Legierung und mit dem Zinn als in dieser Matrix (20) dispergiert Ausscheidung (23) ist, wobei die Hartteilchen in einer Menge von etwa 20 bis 30% – bezogen auf das Gewicht der Matrix-Legierung – und lokalisiert vorwiegend an den Korngrenzen der Aluminium-Nickel-Mangan-Kupfer-Mischkristalle (21) in der Matrix (20) und teilweise auch im Bindungsbereich (24) zwischen der Matrix (20) und den Zinn-Ausscheidungen (23) vorliegen. 40
2. Schichtwerkstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zinnzusatz bei 10 bis 15 Gew.-% liegt. 45
3. Schichtwerkstoff nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die den Lagerwerkstoff bildende Aluminiumlegierung anstelle des Zinnzusatzes einen Bleizusatz von > 8 Gew.-% bis 10 Gew.-% aufweist, der als Ausscheidung in der Matrix (20) dispergiert ist. 50
4. Schichtwerkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der aus der Aluminiumlegierung gebildeten Antifraktionschicht (12) und der Stützschicht (11), insbesondere einer Stützschicht aus Stahl, eine Bindungsschicht (13) aus Reinaluminium oder aus einer von ausgeschiedenen Zinnteilchen und ausgeschiedenen Bleiteilchen freien Aluminiumlegierung vorgesehen ist. 55

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

60

Fig. 2***Fig. 1***

R = RISSE IN DER ALUMINIUMSCHICHT

= ERMÜDUNGSFREIER LAUF

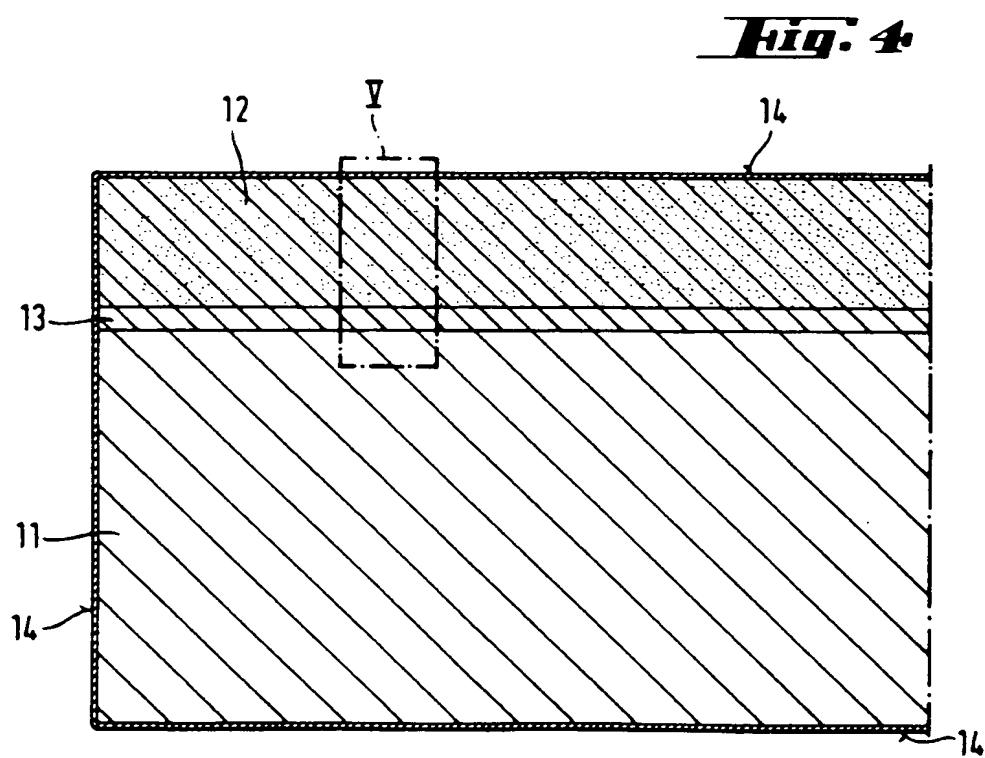
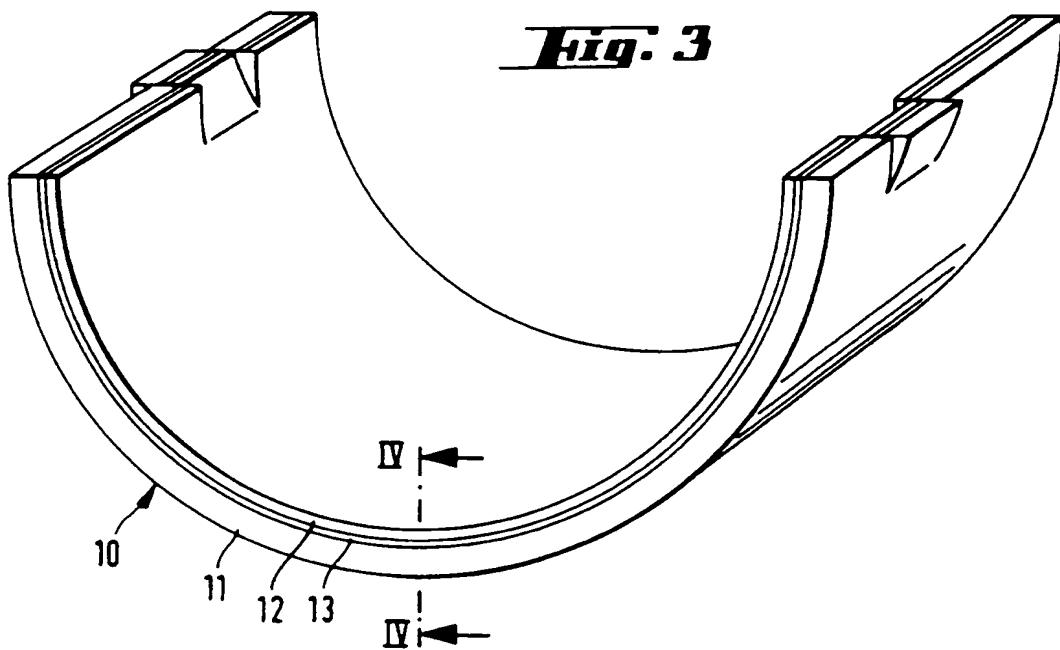


Fig. 5

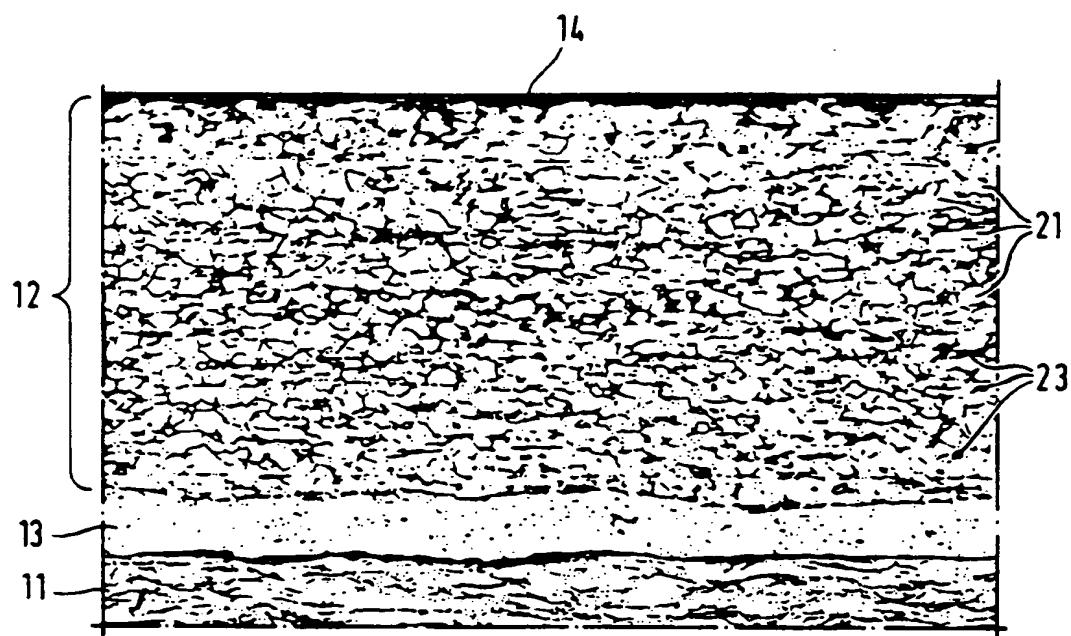


Fig. 6

